

Tool steel with excellent workability, machinability and heat treatment characteristics, and die using same

Patent Number: EP1072691
Publication date: 2001-01-31
Inventor(s): ABE YUKIO (JP); KADA YOSHIHIRO (JP); TAMURA YASUSHI (JP); YAMAOKA MIKI (JP); KUBOTA KUNICHIKA (JP)
Applicant(s): HITACHI METALS LTD (JP)
Requested Patent: ☐ EP1072691, A3
Application Number: EP19990123519 19991125
Priority Number(s): JP19990216227 19990730
IPC Classification: C22C38/22; C22C38/24
EC Classification: C22C38/06, C22C38/22, C22C38/24, C22C38/44, C22C38/46, C22C38/60
Equivalents: CN1097642B, CN1282798, TW499488
Cited Documents: EP0930374; JP4362153; JP7102346; JP8277444; JP4172113

Abstract

Provided is a tool steel which contains, by weight, C and Cr in both of which $(Cr + 5.9 \times C)$ is 9.1 to 12.5, $(Cr - 4.2 \times C)$ being not more than 5 and $(Cr - 6.3 \times C)$ being not less than 2.2. In addition to these elements, this tool steel preferably contains 0.1 to 0.6% Si, 0.1 to 1.2% Mn, at least one of Mo and W of 0.6 to 1.25% in total in terms of $(Mo + 1/2W)$, less than 0.5% V, not more than 0.12% S, not more than 100 ppm of Ca, and the balance Fe and incidental impurities. Moreover, in this tool steel, the Cr segregation range in matrix after hardening is not more than 1% by weight, or the maximum tempering hardness by tempering at a temperature of not lower than 500 DEG C is not less than 57 HRC, or a size variation due to heat treatment occurring by tempering at a temperature of not lower than 500 DEG C is not more than 0.1% relative to the size measured just before hardening in terms of linear expansion coefficient and a size variation due to heat treatment by tempering at 490 DEG C is not more than 0. Provided is also a die made by tempering the steel

of the invention to a hardness of not less than 55 HRC and cutting the steel. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-107181

(P2001-107181A)

(43)公開日 平成13年4月17日(2001.4.17)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 H
C 2 1 D 6/00		C 2 1 D 6/00	L
C 2 2 C 38/12		C 2 2 C 38/12	
38/24		38/24	
38/46		38/46	
審査請求 有 請求項の数10 O L (全 9 頁)			

(21)出願番号 特願2000-151440(P2000-151440)

(22)出願日 平成12年5月23日(2000.5.23)

(31)優先権主張番号 特願平11-216227

(32)優先日 平成11年7月30日(1999.7.30)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(72)発明者 久保田 邦親

島根県安来市安来町2107番地2 日立金属
株式会社冶金研究所内

(72)発明者 阿部 行雄

島根県安来市安来町2107番地2 日立金属
株式会社冶金研究所内

(72)発明者 田村 庸

島根県安来市安来町2107番地2 日立金属
株式会社冶金研究所内

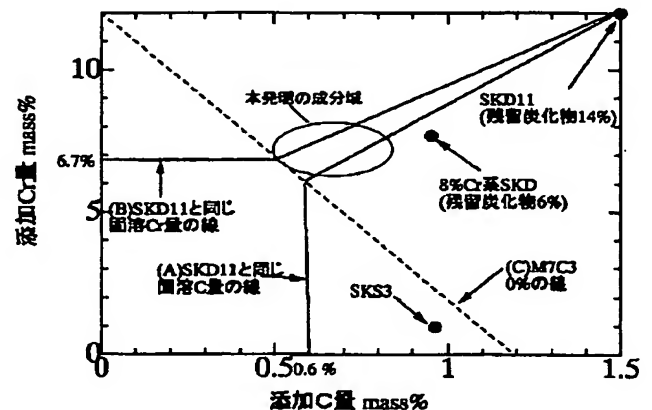
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 被削性および熱処理性に優れた工具鋼およびそれを用いた金型

(57)【要約】

【課題】 被削性と熱処理特性という相反した性質が優れた工具鋼を提供する。

【解決手段】 質量%で、 $(Cr+5.9\times C):9.1\sim 12.5$ 、 $(Cr-4.2\times C):5$ 以下、 $(Cr-6.3\times C):2.2$ 以上となる関係式を満たす工具鋼である。好ましくはこれらに加え、Si:0.1~0.6%、Mn:0.1~1.2%、MoまたはWの1種あるいは2種を $(Mo+1/2W):0.6\sim 1.25\%$ 、V:0.5%未満、更にはS:0.12%以下、Ca:100ppm以下、Ni:1%以下、Al:0.6%以下を含有し、残部がFeおよび不可避の不純物からなる工具鋼である。加えて、焼入れ後のCrのマトリックス偏析幅が質量%で1%以下、または500℃以上の焼戻しによりその最高焼戻し硬さが57HRC以上、または500℃以上の焼戻しにより発生する熱処理変寸が焼入れ前基準、線膨張率換算で0.1%以下でかつ、490℃での焼戻しで熱処理変寸が0以下である工具鋼であって、これら本発明の工具鋼を55HRC以上の硬さに調質し、切削加工を行うことで作製した金型である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 質量%で、 $(Cr+5.9 \times C)$ の値が9.1以上12.5以下となり、かつ $(Cr-4.2 \times C)$ が5以下で $(Cr-6.3 \times C)$ が2.2以上となる関係式を満たすことを特徴とする被削性および熱処理性に優れた工具鋼。

【請求項2】 質量%で、 $(Cr+5.9 \times C)$ の値が9.1以上12.5以下となり、かつ $(Cr-4.2 \times C)$ が5以下で $(Cr-6.3 \times C)$ が2.2以上となる関係式を満たし、 $Si:0.1 \sim 0.6\%$ 、 $Mn:0.1 \sim 1.2\%$ 、 Mo または W の1種あるいは2種を $(Mo+1/2W):0.6 \sim 1.25\%$ 、 $V:0.5\%$ 未満を含有し、残部が Fe および不可避の不純物からなることを特徴とする被削性および熱処理性に優れた工具鋼。

【請求項3】 質量%で、 $(Cr+5.9 \times C)$ の値が9.1以上12.5以下となり、かつ $(Cr-4.2 \times C)$ が5以下で $(Cr-6.3 \times C)$ が2.2以上となる関係式を満たし、 $Si:0.1 \sim 0.6\%$ 、 $Mn:0.1 \sim 1.2\%$ 、 Mo または W の1種あるいは2種を $(Mo+1/2W):0.6 \sim 1.25\%$ 、 $V:0.5\%$ 未満、 $S:0.12\%$ 以下を含有し、残部が Fe および不可避の不純物からなることを特徴とする被削性および熱処理性に優れた工具鋼。

【請求項4】 質量%で、 $(Cr+5.9 \times C)$ の値が9.1以上12.5以下となり、かつ $(Cr-4.2 \times C)$ が5以下で $(Cr-6.3 \times C)$ が2.2以上となる関係式を満たし、 $Si:0.1 \sim 0.6\%$ 、 $Mn:0.1 \sim 1.2\%$ 、 Mo または W の1種あるいは2種を $(Mo+1/2W):0.6 \sim 1.25\%$ 、 $V:0.5\%$ 未満、 $S:0.12\%$ 以下、 $Ca:100ppm$ 以下を含有し、残部が Fe および不可避の不純物からなることを特徴とする被削性および熱処理性に優れた工具鋼。

【請求項5】 質量%で、 $Ni:1\%$ 以下を含有することを特徴とする請求項2ないし4のいずれかに記載の被削性および熱処理性に優れた工具鋼。

【請求項6】 質量%で、 $Al:0.6\%$ 以下を含有することを特徴とする請求項2ないし5のいずれかに記載の被削性および熱処理性に優れた工具鋼。

【請求項7】 焼入れ後の Cr のマトリックス偏析幅が質量%で1%以下であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の被削性および熱処理性に優れた工具鋼。

【請求項8】 $500^{\circ}C$ 以上の焼戻しにより、その最高焼戻し硬さが $57HRC$ 以上であることを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の被削性および熱処理性に優れた工具鋼。

【請求項9】 $500^{\circ}C$ 以上の焼戻しにより発生する熱処理変寸が、焼入れ前基準、線膨張率換算で 0.1% 以下でかつ、 $490^{\circ}C$ での焼戻しで熱処理変寸が 0 以下で

あることを特徴とする請求項1ないし8のいずれかに記載の被削性および熱処理性に優れた工具鋼。

【請求項10】 請求項1ないし9のいずれかの工具鋼を $55HRC$ 以上の硬さに調質し、切削加工を行うことで作製したことを特徴とする金型。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車、家庭電化製品、農機具等に使用される鋼板の打抜、曲げ、絞りあるいはトリミング用の金型等に使用される工具鋼に関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車メーカー等では、価格競争に打ち勝ち収益を確保するために、これまであらゆる分野でのコスト低減を実施してきた。その分野は金型関連までもおよび、コスト低減のため、プレス金型で成形される製品の製作工程の短縮や金型製作数の削減、更には、金型の加工方法や工具の開発等、種々の低減施策が実施されてきた。

【0003】このような金型において、従来より使用される金型材、特に冷間加工用金型材には、耐摩耗性付与のため炭化物を多量に含み、更に、焼入れ性に優れかつ靱性を確保するため Cr 含有量が多い材料が求められており、例えば、 $JIS\ G4404$ 規定の合金工具鋼鋼材である $SKD11$ 等の高 C -高 Cr 系鋼が使用されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、近年の傾向としては、切削加工工数を圧縮させる様々な動きが激しくなっている。もともと造形技術の中でも、高コストである切削加工は、塑性加工の進歩により更にその高コスト性が鮮明となり、それに対抗する形で、 CBN 、コーティング工具の開発、高速切削機の出現、 NC アルゴリズムの進歩等の新技術の開拓が進んできている。この流れに呼応して、被削性を改善した工具鋼としては、 $SKD11$ 近似組成に S を添加する快削工具鋼が存在する。しかし、切削様式は多彩に存在し、単なる S 添加だけではエンドミル、フライス、ドリル等の様々な切削様式や切削条件に対応しない。

【0005】更に、高速切削機の出現で $60HRC$ の焼入れ焼戻し状態での加工が出来るという報告が相次いでいる。しかし、まだまだ荒加工等で切削は困難な状態になっている。高硬度材の被削性は上記のような $SKD11$ に S を添加しただけのものでは向上せず、炭化物の存在自体を減らす必要があるためである。

【0006】また、切削と同様、熱処理時の変寸も問題となっている。この熱処理変寸が大きいと取りしを多くしなければならず、結果として仕上げ加工工数を引き上げるからである。 $SKS3$ は低合金工具鋼で $SKD11$ より格段に被削性が良好だが、焼入れ性が悪く油焼入れ

になるためそりが発生しやすくなる。また、1980年代に開発された8%Cr系ダイス鋼は焼入性は良好であるが、熱処理変寸や経年変形が起きやすく、結果的に削り難いSKD11の熱処理変寸が良好となっている。

【0007】つまりそれぞれ一長一短があり、熱処理特性がSKD11並みで被削性はSKS3並みの工具鋼が望まれているのが現状である。とくに熱処理性においてはSKD11と同一熱処理炉に混載が出来ることが熱処理作業の合理化の点で強く望まれている。そこで、本発明は、靱性等の機械的性質を低下させずに、被削性と熱処理特性の両者が優れた工具鋼を提供するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】発明者らは、靱性や耐摩耗性といった基本的な機械的特性の維持を鑑みたと、被削性と熱処理性の改善に要求される基本条件を見直した。

【0009】まず、工具鋼を削る際の様々な切削様式を検討し、チップングタイプの損傷と熱的損傷の2つに分別できることが判明した。そして、この両者が1つの工具の別部位に同時に形成される方法として、特定の条件下でのスクウェアエンドミルで実現できることを掴んだ。具体的には刃先は機械的損傷、被削材とのあたりが終了する境界部には熱的損傷が発生することを突きとめた。この方法で両者の損傷機構を低減化する快削化手法を種々検討した。

【0010】その結果、工具鋼に存在する一次炭化物の低減は機械的損傷を防ぎ、S添加が熱的損傷を防ぐことを見いだした。そして、この両者の効果を同時に発現させることで幅広い切削様式、切削条件に対応させることを考え、その効果の達成に最適な工具鋼を見いだすに至った。

【0011】すなわち、本発明は、質量%で、 $(Cr + 5.9 \times C)$ の値が9.1以上12.5以下となり、かつ $(Cr - 4.2 \times C)$ が5以下で $(Cr - 6.3 \times C)$ が2.2以上となる関係式を満たした工具鋼である。好ましくはこれらに加え、 $Si: 0.1 \sim 0.6\%$ 、 $Mn: 0.1 \sim 1.2\%$ 、 Mo または W の1種あるいは2種を $(Mo + 1/2W): 0.6 \sim 1.25\%$ 、 $V: 0.5\%$ 未満、更には $S: 0.12\%$ 以下、 $Ca: 100ppm$ 以下を含有し、残部がFeおよび不可避の不純物からなる工具鋼である。あるいは更に、 $Ni: 1\%$ 以下、 $Al: 0.6\%$ 以下を含有する工具鋼である。

【0012】そして、焼入れ後のCrのマトリックス偏析幅が質量で1%以下、または、500℃以上の焼戻しによりその最高焼戻し硬さが57HRC以上である工具鋼である。加えて、500℃以上の焼戻しにより発生する熱処理変寸が焼入れ前基準、線膨張率換算で0.1%以下でかつ、490℃での焼戻しで熱処理変寸が0以下である工具鋼であって、これら本発明の工具鋼を55HRC以上の硬さに調質し、切削加工を行うことで作製し

た金型である。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の特徴は、SKD11と近似された熱処理特性と、かつSKS3並みの被削性を同時に有した工具鋼を達成したところにある。以下、本発明の工具鋼を見いだすに至った詳細について説明する。

【0014】炭化物量を減少させる領域で、ディファクトスタンダードの工具鋼であるSKD11とほぼ同じ熱処理が出来る成分設計を行った。同一の熱処理特性を得るには、焼入れ時に基地に固溶させる組成をSKD11に近づけることを基本方針とした。図1はサーモカルクによって決定した成分設計線図の全体、図2は本発明に相当する領域を拡大した成分設計線図である。(A)線は焼入れ時のSKD11と同一固溶C量が得られる添加成分平面上の線を示す。同様に(B)線はSKD11との同一固溶Cr量線を示す。両者とも途中で折れ曲がっているのは、(C)線以上から炭化物が残留するため合金元素が炭化物に取りられてしまい、添加成分を多くしないと基地の固溶元素を同一に維持できないためである。

【0015】(A)、(B)の2つの線は基本的には、SKD11の組成でしか交わらないので、同一焼入れ温度でマトリックス組成をSKD11と同一にすることは不可能である。しかし、それでも(C)線以上では

(A)、(B)線が接近しているためSKD11に近似した基地組成となる。ただし、この線を更に接近させようとして添加C、Cr量を上げてゆくと、残留炭化物が多くなり、チップングタイプの工具摩耗が促進され被削性が劣化する。また耐久性の面でも疲労破壊が起こりやすくなるために、応力集中の起こりやすい金型への使用も限定される。この相反関係を実験的に明らかにし、被削性が優れ、熱処理特性がSKD11に近似した領域こそが図2に図示されている本発明の工具鋼である。

【0016】また近年、熱処理特性の中で特に重要視されてきたのが、熱処理変寸である。金型の品質は、耐久性もさることながら、最近では形状精度が特に注目視されてきており、SKD11はこの点でも評価が高い。この熱処理変寸の制御に関する考え方を以下に示す。

【0017】この熱処理変寸挙動の原理図を図3に示す。焼入れままでは、主体となっているマルテンサイト組織中に固溶するCによって結晶格子が押し広げられ、膨張する。焼戻し温度を上げてゆくと、低、中温領域(図3(A)域)ではセメンタイトが析出して寸法変化が収縮傾向となる。高温域では、2次硬化とほぼ同じ温度で変寸率が最大になる。この最大値が発生するのは、この最大値の低温側(図3(B)域)と高温側(図3(C)域)で主に起こる2つの機構による。低温側では残留オーステナイトの分解が温度を上げるとより多くなり、膨張傾向が発生する。最大値よりも高温側では M_7C_3 、 $M_{23}C_6$ 系の炭化物の析出・凝集によりマルテンサイト中の固溶C量が低下してゆくと、収縮傾向が

10

20

30

40

50

発生する。

【0018】この(A)、(B)、(C)の機構を用いてSKD11は硬さを維持しながら(B)、(C)間で起こる変寸を押さえる組成となっており、マトリックス組成をSKD11に近似化した本発明の発想の源泉はここにある。そのため、SKD11の主要合金元素のC、Crだけでなく、図3にも示されているような、セメンタイト析出を制御するSi、 M_7C_3 、 $M_{23}C_6$ 系炭化物の析出を制御するMo、Wの最適化も行っている。

【0019】また、本発明の成分系では平衡状態図上で10は一次炭化物が晶出し難い成分域であるため、急冷凝固、あるいは1100~1400℃程度の拡散焼鈍を行い、一次炭化物を消失あるいは減少させる処置を行うと更なる被削性向上につながる。

【0020】これに加えて、S添加による熱処理変寸の作用を検討した。その結果、S添加が0.12%を超えると、熱処理変寸が大きくなることを見いだした。従来はこのような報告がなかったが、その原因はS添加を多用する快削鋼系では、熱処理変寸は問題視され難いことが考えられる。一方、工具鋼系では残留炭化物が多いため、変寸を拘束する作用が働いてSの変寸に対する効果を検出できなかったものと推定される。これにより、変寸の少ない0.12%以下の組成に調整する必要性があることを見いだした。

【0021】次に、本発明の熱処理・表面処理性について述べておく。本発明は、C含有量の抑制による耐摩耗性の不足が生じた場合にも対処すべく、表面処理性をも十分に確保するものである。表面処理には浸炭、窒化、PVD、CVD処理があるが、この中で処理母材の性質よっては処理が困難となるのはCVD処理である。この処理は、1000℃程度の状態で気化された成膜元素を化学的に材料表面に析出させる。そのため、実質的には材料の熱処理と同様、焼入不足、熱処理変寸大きい等の問題が浮上する。

【0022】つまり、熱処理性の代表的指標である焼入れ性は、あらゆる表面処理装置への適用を可能にすべく付与するものであるが、焼入れ性の良好なSKD11に近似して組成を用いているため、十分満足いくものとなっている。この他、焼入れ焼戻し時の熱処理変寸量をSKD11と同等な特性とすることが工業上の利便性を高めるとして、マトリックスのC、Cr組成をSKD11に近づけるため、図2に示す領域を採用することが重要である。SKD11は熱処理変寸の少ない鋼としてゲージ鋼にも採用されている。

【0023】SKD11が低熱処理変寸特性を有するのは、高温焼戻し領域での硬さの維持をほぼ固溶Crのみでセメンタイト析出を抑制させる方法を採用していることに起因している。つまり、高温焼戻しができる高速度工具鋼等のMo、W、Vを積極的に添加している2次硬化鋼は、2次硬化時におこる残留オーステナイトの

分解によって生成されるフレッシュマルテンサイトがなかなか焼戻し収縮を起こさないため、高い熱処理変寸が発生してしまう。

【0024】しかし、Crで同様な効果を狙った場合、フレッシュマルテンサイト中に速やかにM₇C₃等のCr系炭化物が析出し、焼き戻しマルテンサイト化が速やかに起こるため、マルテンサイト中の固溶C量を減らし極端な膨張を抑制でき、これがSKD11の低熱処理変寸性の原因である。熱処理変寸は熱処理前の仕上げ加工の取りしらの量を左右するため被削性と同様、加工能率を左右する重要な因子となっている。

【0025】いずれにせよ、固溶C、Cr量をSKD11に近似させることにより、CVD等の熱処理変寸が問題となる表面処理の変寸や、焼入れ性、硬さ、経年変寸ともにSKD11と実用上同一とみなせる特性となる。これによりSKD11と同一炉での混載が可能になるため、表面処理作業コストの大幅な合理化を行える。

【0026】CVD等の表面処理温度でのオーステナイト組織中に固溶するC量は、十分な膜厚を有するMX型化合物(TiC、VC等)の生成に重要である。つまり、固溶Cは、特にCVD表面処理にてMX型化合物を生成するために、その鋼材から供給すべく必要となり、その最適量は表面処理温度に保持する前のマルテンサイト組織中に固溶するC量による。本発明の工具鋼は、その固溶C量が0.4%以上を達成しているので十分な成膜が可能である。これらに基いて、本発明の工具鋼を構成する元素およびその含有量の限定理由について述べる。

【0027】C、CrはSKD11との類似性、焼入れ直後の残留炭化物量が5(mass%)以下という観点から、図1、図2に示した領域を採用している。具体的には1000℃から1050℃の焼入れ直後の組織中に、例えばサーモカルクによる計算で未固溶の炭化物の存在量が5(mass%)以下であることが被削性の向上に好ましいとするものである。

【0028】SKD11の熱処理特性は、焼き戻し温度が490℃以下の領域では圧延方向での熱処理変寸がマイナスとなり、それよりも高い焼き戻し温度ではプラスに転じる特徴をもつ。また、この490℃よりも高い焼き戻し温度での最大の熱処理変寸量が0.1%以下でプラスの値となることが特徴であるが、更に、これらの焼き戻し領域で57~60HRCの硬さを確保出来る熱処理条件が存在するという特徴も合わせ持っている。

【0029】これらをすべての特徴を満足出来る成分域が図1、2に示した成分域ということになる。490℃以下で必ずマイナスの変寸を経験し、それよりも高い温度でプラスに転じる特性は、焼き戻し温度を少しずつ上げて処理すると、どこかの条件で必ず熱処理変寸がゼロになる条件が存在するということであるから、変寸をゼロに近づける処理を熱処理条件で見いだすことが可能にな

る。このこともSKD11が技術の高い熱処理業者に支持され、ディファクトスタンダード化されてきた背景であり、ここで示したC、Crのバランスが特に重要となる。

【0030】Siも基本的にはSKD11 ($Si=0.25$ (mass%))との類似性を基本に設定した。ただ、Siは、元来、脱酸剤および鑄造性改善の目的で含有するが、これを低減化すると靱性が向上する。しかし被削性も劣化するため0.1%以上が必要である。一方、過多の含有はセメンタイト析出を抑制するため、結果的に500~550℃の焼戻し領域で熱処理変寸が大きくなる原因となる。このため、Siの含有量は、0.1~0.6%とした。

【0031】Mnも基本的にはSKD11 ($Mn=0.4$ (mass%))との類似性を基本に設定している。Mnは、焼入性向上のために含有するが、0.1%未満では焼入硬さを安定して得るためには不十分である。一方、多すぎると溶接性を劣化させる原因となり、更にSiと同様、マトリックスの成分偏析も激しくなるので、0.1~1.2%とした。ただし、Mnは高価なCrやMo等と置換できる経済的な元素でもあるが、CrやMo等の効果が十分発揮され、Sの添加のない場合にはMnを無添加としても良い。

【0032】MoおよびWもSKD11 ($Mo=0.85$ (mass%))と同等であることを基本としている。MoおよびWは焼入性を向上する。更に、焼戻しを高温側で行っても軟化が急におこらなくなる。そのため、硬さの調整が簡単になる。Wの原子量はMoの約2倍であるため、Mo1%の含有量はW2%の含有量と等しい効果を有し、 $(Mo+1/2W)$ 量でその効果を表すことが可能である。本発明ではMo、Wの1種または2種を含有させることができ、つまり、Moの全含有量を2倍のW含有量で置き換え使用してもよく、Moの一部をそれに相当するW量に置き換え使用してもよい。 $(Mo+1/2W)$ 量でどちらの成分を優先して使うかは経済性を考慮して判断すればよい。しかし、基本的にW置換はフレームハード性を劣化させるのでMoを加えるのが好ましい。

【0033】 $(Mo+1/2W)$ の添加量が0.6%未満では高温焼戻しでの硬さの低下が急激になり、硬さのコントロールが難しくなる。一方、過多の添加量では、マルテンサイト中の炭化物の析出・凝集を遅滞させ500~550℃での焼戻しで熱処理変寸が大きくなったり、マルテンサイトの焼戻しの遅滞化に伴う、オーステナイト分解の遅滞化のため十分焼戻ししたと思ってい

ても不安定なオーステナイトが残留し、型作製後の使用中に経年変寸が発生するため、0.6~1.25%とした。好ましくは0.6~1.10%である。

【0034】本発明の工具鋼は、その他求められる効果に則して、上記の成分組成にVを含有してもよい。Vも

基本的にはSKD11 ($V=0.25$ (mass%))と同等にすることを基本とした。Vは工具鋼に必要な軟化抵抗を増大させる元素であり、好ましい含有量は0.05%以上であるが、V系炭化物を形成し被削性を低下させる原因となるので、0.5%未満とした。

【0035】Sは、脆化元素の代表として溶接、高硬度鋼の分野では忌み嫌われる元素であるが、快削効果があるため、炭化物量を減らし靱性を向上させている分添加が可能になる。そのため熱処理変寸が大きくなることを考慮して、0.12%までなら許容される。なお、上記の効果を得るに好ましい含有量は0.005%以上であり、更に好ましくは0.02%以上である。

【0036】Caは、機械的性質の低下や組織の変質を伴わない、理想的な快削元素である。その快削機構は、鋼中に微量に分散している酸化物を低融点化させ、これが切削熱で溶けだし、刃先に保護膜を形成するためである。しかし、蒸気圧が高いため溶鋼中から抜け出しやすく、添加技術上100ppm程度までが現状の技術的レベルである。なお、上記の効果を得るに好ましくは10ppm以上である。

【0037】その他、希土類は、本発明の工具鋼における被削性を向上する目的のもとに0.2%以下の含有が可能である。また不可避不純物の総量は0.5%以下が好ましい。ただし、靱性・溶接性が必要ならNiは1%以下、好ましくは0.01~1%添加し、耐摩耗性付与が更に必要な場合Alを0.6%以下、好ましくは0.01~0.6%添加して、窒化硬さを上げることも可能である。加えて、その他求められる効果に則して、Pb、Se、Te、Bi、In、Be、Ce、Zr、Tiのうちの1種または2種以上を0.2%以下なら含有しても基本特性を変えることはない。

【0038】なお、本発明では、本効果の更なる向上において、焼入後の状態を調整することが有効である。つまり、焼入れ後のマルテンサイト組織中に固溶するCおよびCr含有量をSKD11と近似させること、そして、焼入れ直後の残留炭化物重量を5 (mass%)以下とすることである。この焼入れ直後の残留炭化物量は、鋼材製造工程によっても低減が可能である。粉末法、溶解直後の鋼塊に1100℃以上で1~10時間程度の熱処理を行う、すなわちソーキング法、鋼塊の小型化や、急冷凝固法を採用することでも焼入れ直後の残留炭化物量を5 (mass%)以下とすることができる。加えて、焼入れ後のCrのマトリックス偏析幅を質量%で1%以下にすることも被削性の向上に好ましいものである。

【0039】以上に述べた本発明の工具鋼であれば、優れた溶接性の付与に加えて、従来のSKD11と同等の熱処理条件である1000~1050℃からの焼入れ、500℃以上の焼戻しによっても57HRC以上の硬さが確保できる。そして、その57HRC以上の硬さにて優れた被削性の達成に加え、塩浴法やCVD処理とい

た表面処理性にも優れるものである。

【0040】また、本発明の工具鋼を金型等に使用した場合は、その求められる機能に応じて必要な部位のみにフレームハード等を実施しても良く、製作工数あるいは必要特性を考慮して硬さを得るための熱処理方法を選択すればよい。例えば本発明の工具鋼を55HRC以上の硬さに調質し、切削加工を行うことで作製した金型、いわゆるプリハードン金型である。

【0041】

【実施例】次に、本発明の実施例について詳細に説明す*10

		化 学 成 分 (質量%)												
		C	Si	Mn	S	Cr	Mo	W	V	Ni	Al	Ca (ppm)	Fe	
發明材	1	0.43	0.40	0.40	0.001	6.73	0.91	<0.01	0.10	<0.01	<0.01	—	Bal.	
	2	0.57	0.32	0.35	0.011	6.02	0.65	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	—	"	
	3	0.81	0.10	0.40	0.062	7.49	1.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	—	"	
	4	0.74	0.25	0.40	0.072	8.02	0.81	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	—	"	
	5	0.71	0.24	0.01	0.059	7.32	1.12	<0.01	0.26	<0.01	<0.01	55	"	
	6	0.69	0.68	0.35	0.080	7.15	0.89	<0.01	0.25	<0.01	<0.01	25	"	
	7	0.71	0.24	1.16	0.058	7.73	0.78	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	—	"	
	8	0.68	0.25	0.44	0.020	7.03	1.24	<0.01	0.23	<0.01	<0.01	—	"	
	9	0.60	0.60	0.46	0.021	6.89	0.44	<0.01	0.42	<0.01	<0.01	—	"	
	10	0.65	0.15	0.50	0.015	7.25	<0.01	2.4	<0.01	<0.01	<0.01	—	"	
	11	0.72	0.24	0.32	0.02	6.94	2.23	<0.01	0.45	<0.01	<0.01	—	"	
	12	0.75	0.28	0.41	0.115	7.01	0.80	<0.01	0.40	<0.01	<0.01	—	"	
	13	0.71	0.28	0.41	0.061	7.52	0.98	<0.01	0.24	0.21	<0.01	—	"	
	14	0.69	0.31	0.38	0.058	7.41	1.01	<0.01	0.26	<0.01	0.42	—	"	
比較材	1	1.47	0.25	0.4	0.002	11.95	0.90	<0.01	0.35	<0.01	<0.01	—	"	
	2	0.95	0.30	1.05	0.001	0.75	—	0.75	—	<0.01	<0.01	—	"	
	3	0.51	0.25	0.40	0.002	5.98	0.85	<0.01	0.25	<0.01	<0.01	—	"	
	4	0.80	0.22	0.40	0.002	8.00	1.10	<0.01	0.25	<0.01	<0.01	—	"	
	5	0.59	0.31	0.38	0.002	7.89	0.95	<0.01	0.25	<0.01	<0.01	—	"	
	6	0.75	0.24	0.25	0.001	6.51	0.91	<0.01	0.24	<0.01	<0.01	—	"	

【0043】次に、圧延方向と長手方向が一致するように直径10mm長さ80mmの試験片を各21本作製し、それぞれ長さ測定を行った。次にその内の各10本を真空加熱炉を用いて1025℃に加熱保持後、不活性ガスでガス冷却焼入れを実施した。更に530℃、1時間で焼戻しを2回実施した。得られた試験片の硬さを測定したところ、比較例2、3は57HRC以上は出なかった。つぎに57HRC以上がでた材料の長さ方向の長さを測定し、あらかじめ計っておいた焼入れ前の長さを基準にして寸法変化率を算出し、0.1%を超えるものが何本発生したかを調べた。結果を表2に示す。

【0044】

【表2】

		0.1%を超える変寸発生数
発明材	1	0本
	2	"
	3	"
	4	"
	5	"
	6	"
	7	"
	8	"
	9	"
	10	"
	11	"
	12	"
	13	"
	14	"
比較材	1	"
	4	3本
	5	2本
	6	5本

【0045】表2より、本発明はすべて変寸が0.1%以下であった。比較例においては、4、5、6に0.1

%を超えるものが発生した。

【0046】次に530℃での変寸が0.1%以下だったものに加え、比較例4、5について、残りの焼鈍状態のものを用いて、各10本を真空加熱炉で1025℃に加熱保持後、不活性ガスでガス冷却焼入れを実施した。更に490℃、1時間で焼戻しを2回実施した。その後、試験片の長さ方向の長さを測定し、あらかじめ計っていた焼入れ前の長さを基準にして寸法変化率を算出した。それらの中で寸法変化がプラス側に膨張したものが何本発生したかを調べた。結果を表3に示す。

【0047】

【表3】

		変寸率がプラス側に膨張した本数
発明材	1	0本
"	2	"
"	3	"
"	4	"
"	5	"
"	6	"
"	7	"
"	8	"
"	9	"
"	10	"
"	11	"
"	12	"
"	13	"
"	14	"
比較材	1	"
"	4	"
"	5	7本

【0048】これより、比較例5はプラス側に膨張するため変寸調整が困難となってしまうが、本発明例1～14と比較例1は上記表2の結果に加え、プラス側に膨張していないため変寸が調整しやすく、SKD11と同等の熱処理扱いが可能となることが分かる。

【0049】(実施例2)次に、被削性の評価を行なった。まず、表1に示す素材の中で実施例1で変寸挙動がSKD11と同等とみなせる材料(本発明例1～14および比較例1)に比較例4を加えたものを、硬さ24HRC以下の焼きなまし状態にし、スクエアエンドミルでの被削性の評価を行った。なお、切削試験は表4に示す条件で行なった。表5に示す結果より、本発明例1～14は工具寿命(刃先摩耗0.3mm)が10m以上の高い被削性を示す。しかし、比較例1、4はクロム系炭化物が原因で被削性が悪い。

【0050】

【表4】

*

項 目	条 件
工 具	2NKR10 (ハイス)
切削速度	25 m/min
送り量	0.08mm/刃
切り込み	0.8×1.5mm
切削方向	ダウンカット
冷却方式	乾式

*【0051】

【表5】

10

刃先摩耗0.3mmの時の切削長(寿命)

発明材	1	18m
"	2	18m
"	3	>20m
"	4	>20m
"	5	18m
"	6	>20m
"	7	>20m
"	8	18m
"	9	20m
"	10	18m
"	11	20m
"	12	>20m
"	13	>20m
"	14	18m
比較材	1	<2m
"	4	8m

【0052】次に、変寸挙動がSKD11と同等とみなせる材料(本発明例1～14および比較例1)に比較例4を加えたものにて、1030℃の焼入れと500℃以上の焼戻しにより硬さ57～60HRCに調質した供試材を作製し、スクエアエンドミルでの被削性の評価を行った。切削条件は表6に示す。表7に示す試験結果より、本発明例1～14は工具寿命(刃先摩耗0.1mm)が良く被削性も高いが、比較例1、4は被削性が悪いことが分かる。

【0053】

【表6】

項 目	条 件
工 具	HES2100-C (超硬コーティング)
切削速度	75m/min
送り量	0.05mm/刃
切り込み	0.2×1.5mm
切削方向	ダウンカット
冷却方式	乾式

40

【0054】

【表7】

13

刃先摩耗幅が0.1mmでの切削長(寿命)

発明材	1	16m
"	2	14m
"	3	28m
"	4	24m
"	5	18m
"	6	26m
"	7	26m
"	8	22m
"	9	16m
"	10	16m
"	11	22m
"	12	28m
"	13	22m
"	14	24m
比較材	1	<2m
"	4	4m

【0055】(実施例3)表1に示す材料のうち、本発明材で被削性が比較的劣っていた本発明例1、2と熱処理特性では良好である比較材1、そして比較材4について、そのインゴット状態で1160℃で10時間のソー*

刃先摩耗幅が0.1mmでの切削長(寿命)

発明材	1	28m
"	2	28m
比較材	1	<2m
"	4	6m

【0058】表9より、焼入れままのCr偏析幅が1%以下である本発明材は、先の実施例2よりも更に寿命が向上しているが、比較材1、4はCr偏析幅が1%を超えることもあって、工具の寿命向上が大きく望めない結果となった。

【0059】

【発明の効果】以上、本発明によれば、SKD11に比べ焼きなまし状態の被削性が優れ、焼き入れ焼戻し時の材料性能上においても、靱性、溶接性が高い鋼材を提供することができる。更に熱処理変寸や、焼入れ性、焼戻し温度に対する硬さの変化がSKD11と近似された特※

14

* キングを行い、焼きなまし後、1030℃の焼入れ、500℃以上の焼戻しにて57HRCに調整したものにつき、被削性試験を行った。条件は表8に示す条件で刃先摩耗が0.1mmになる切削距離を寿命とした。また、マトリックスの偏析状態を評価するために焼入れままの材料でのEPMAで1mmの線上Crの特性X線を検出し、炭化物でない場所のCr変化幅を2σとして統計解析もおこなった。両者の結果を表9に示す。

【0056】

10 【表8】

項 目	条 件
工 具	: HES2100-C (超硬コーティング)
切削速度	: 75m/min
送り量	: 0.05mm/刃
切り込み	: 0.2×15mm
切削方向	: ダウンカット
冷却方式	: 乾式

【0057】

【表9】

Crマトリックス偏析幅

0.8%
0.8%
1.8%
2.5%

※性を持つため、SKD11と同じ炉に混載ができ、生産性、条件出しが不要となる。加えて、焼入れ焼戻し後の被削性もSKD11に比べ格段に高く、CVDのような鋼中の固溶C量に左右される表面処理でも膜特性の劣化がないため、耐摩耗性に優れる金型基材としても高い製造容易性があることから、本発明による工業的価値は大きい。

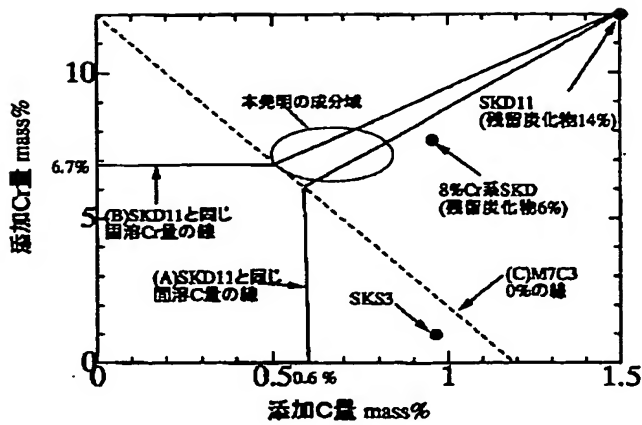
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の効果を説明する図である。

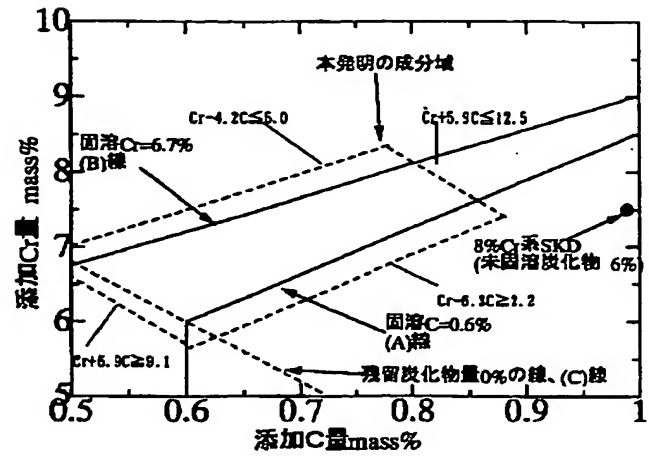
【図2】本発明の効果を説明する図1の詳細図である。

【図3】熱処理変寸の挙動を説明する図である。

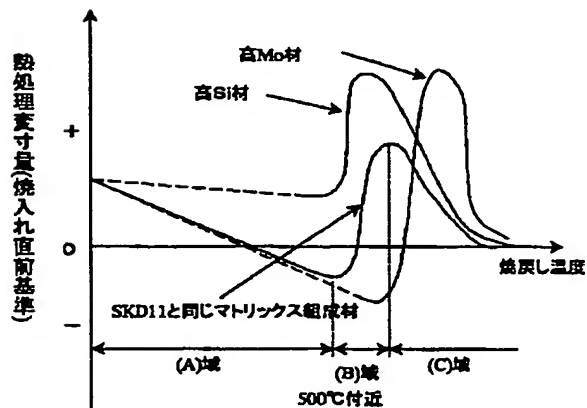
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 加田 善裕

島根県安来市安来町2107番地2 日立金属
株式会社安来工場内